433

THÈSE

POUR

LE DOCTORAT EN MÉDECINE

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

Année 1910

THÈSE

N° .....

POUR

LE DOCTORAT EN MÉDECINE

ÉTUDE SUR
L'Épuration des Eaux Usées
par les lits bactériens et spécialement par la tourbe

PAR

Joseph DUCHATEAU

Né à Cléry (Loiret) le 8 août 1885

Ancien externe des Hôpitaux de Paris

Président : M. THOINOT, *professeur.*

Le Candidat répondra aux questions qui lui seront faites sur les diverses parties de l'enseignement médical

PARIS

H. CHACORNAC, ÉDITEUR

9, Rue de l'Eperon, 9

1910

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

Doyen	M. LANDOUZY
Professeurs	MM.
Anatomie	NICOLAS
Physiologie	Ch. RICHET
Physique médicale	GARIEL
Chimie organique et Chimie générale	GAUTIER
Parasitologie et Histoire naturelle médicale	BLANCHARD
Pathologie et thérapeutique générales	ACHARD
Pathologie médicale	WIDAL DEJERINE
Pathologie chirurgicale	LANNELONGUE
Anatomie pathologique	Pierre MARIE
Histologie	PRENANT
Opérations et appareils	HARTMANN
Pharmacologie et matière médicale	POUCHET
Thérapeutique	GILBERT
Hygiène	CHANTEMESSE
Médecine légale	THOINOT
Histoire de la médecine et de la chirurgie	CHAUFFARD
Pathologie expérimentale et comparée	ROGER
Clinique médicale	HAYEM DIEULAFOY DEBOVE LANDOUZY
Maladie des enfants	HUTINEL
Clinique de pathologie mentale et des maladies de l'encéphale	Gilbert BALLET
Clinique des maladies cutanées et syphilitiques	GAUCHER
Clinique des maladies du système nerveux	RAYMOND
Clinique chirurgicale	Pierre DELBET QUENU RECLUS SEGOND
Clinique ophtalmologique	DE LAPERSONNE
Clinique des maladies des voies urinaires	ALBARRAN
Clinique d'accouchements	PINARD BAR RIBEMONT-DESSAIGNES
Clinique gynécologique	POZZI
Clinique chirurgicale infantile	KIRMISSON
Clinique thérapeutique	A. ROBIN

Agrégés en exercice

MM.

AUVRAY	CUNÉO	LAUNOIS	NOBÉCOURT
BALTHAZARD	DEMELIN	LECENE	OMBREDANNE
BRANCA	DESGREZ	LEGRY	POTOCKI
BEZANÇON Fern.	DUVAL Pierre	LENORMANT	PROUST
BRINDEAU	GOSSET	LŒPER	RENON
BROCA André	GOUGET	MACAIGNE	RICHAUD
BRUMPT	JEANNIN	MAILLARD	RIEFFEL
CARNOT	JEANSELME	MARION	SICARD
CASTAIGNE	JOUSSET André	MORESTIN	ZIMMERN
CLAUDE	LABBE Marcel	MULON	
COUVELAIRE	LANGLOIS	NICLOUX	

Par délibération en date du 9 décembre 1798, l'Ecole a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui seront présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs, et qu'elle n'entend leur donner aucune approbation ni improbation.

A MON PÈRE LE Dr V. DUCHATEAU
ET A MA MÈRE

Bien faible témoignage de ma très grande affection et de ma très grande reconnaissance.

A MA GRAND-MÈRE

A MES SŒURS ET A MON FRÈRE

A MON GRAND-ONCLE

A MES PARENTS

A MES AMIS

A mon Président de Thèse

MONSIEUR LE PROFESSEUR THOINOT

PROFESSEUR DE MÉDECINE LÉGALE A LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS
MÉDECIN DE L'HOPITAL LAENNEC
MLMBRE DE L ACADÉMIE DE MÉDECINE
CHEVALIER DE LA LÉGION D'HONNEUR

Nous lui adressons nos plus sincères remerciements pour le grand honneur qu'il nous a fait en acceptant la présidence de notre thèse.

Avant de commencer l'exposé de notre sujet, nous sommes heureux d'adresser nos sincères remerciements à tous nos maîtres des Hôpitaux de Paris, dont nous sommes fier d'avoir été l'élève comme bénévole, stagiaire et externe.

M. le docteur Michaut, chirurgien de l'hôpital Beaujon.

M. le docteur Legendre, médecin de l'hôpital Lariboisière.

M. le professeur-agrégé Walter, chirurgien de la Pitié.

M. le docteur Petit, médecin de l'Hôtel-Dieu.

M. le professeur-agrégé Humbert, chirurgien honoraire de l'hôpital Cochin.

M. le professeur-agrégé Reygnier, chirurgien de l'hôpital Lariboisière.

M. le docteur Savariaud, chirurgien de l'hôpital Trousseau.

M. le docteur Siredey, médecin de l'hôpital Saint-Antoine.

M. le docteur Tissier, accoucheur de l'hôpital de la Charité.

M. le professeur-agrégé Méry, médecin des Enfants-Malades.

M. le professeur-agrégé Terrien, ophtalmologiste des Enfants-Malades.

Nous exprimons tout particulièrement notre reconnaissance à M. le docteur Lemoine, médecin principal de 1re classe, professeur à l'Ecole d'Application du Val-de-Grâce, et à M. le docteur Thierry, directeur du service de désinfection de la ville de Paris, pour les conseils qu'ils ont bien voulu nous donner dans l'exécution de ce travail.

Introduction

Un des problèmes les plus importants de notre organisation sociale est certainement celui qui consiste à faire disparaître et rendre inoffensifs les déchets de la vie humaine. Ces détritus, en effet, charrient des microbes dangereux et ces derniers, non seulement vicient l'air que nous respirons, mais peuvent aussi contaminer les eaux destinées à l'alimentation. C'est pourquoi les classes dirigeantes se sont de tout temps préoccupées d'éloigner les déchets le plus vite possible des agglomérations.

Depuis la plus haute antiquité, nous voyons les peuples se grouper sur le bord des rivières pour en puiser l'eau dont ils avaient besoin et pour éliminer de même tous les débris dont ils avaient à se débarrasser. Il importait peu à ces peuplades primitives de souiller ainsi les fleuves et de créer par la suite des dangers pour les habitants situées en aval ;

mais, doit-on ajouter, les agglomérations étaient si peu importantes que le danger était minime.

Aussitôt que la civilisation a groupé les individus entre eux, soit pour leur défense, soit pour leurs ambitions, est survenu le danger d'évacuation pure et simple à la rivière et nous voyons déjà dans la *Bible* le législateur recommander aux Hébreux le précepte suivant : « Tu auras hors de tes camps un lieu où tu satisferas aux nécessités de la nature ; tu sortiras du camp portant un bâton à la ceinture ; quand tu seras accroupi tu creuseras le sol tout autour et tu couvriras tes excréments de terre ». Ce tout à la rivière engendra des épidémies dont les annales de la Rome primitive nous rapportent tout le désastre et, pour empêcher les pollutions des sourcesqui les alimentaient, ils ne craignirent pas d'entreprendre ces travaux considérables, ces égouts immenses dont le Cloaca maxima restera le type, ces aqueducs formidables qui font encore aujourd'hui l'admiration de nos contemporains.

La civilisation, depuis ces temps reculés, a marché à grands pas, toutefois, le côté hygiène a certainement été délaissé et nombreuses sont encore les campagnes qui n'ont rien à envier aux époques primitives. Cette façon d'agir semblerait peut-être en effet, aujourd'hui légende, et cependant doit-on avouer en toute franchise, que les choses sont à peu près restées les mêmes dans beaucoup d'endroits. Les populations ont grandi, les villes se sont formées, les eaux souillées sont devenues quantité énorme, et,

malgré cela, l'évacuation à la rivière, comme aux premiers âges, a continué sans se préoccuper si, en aval, un autre groupe d'individus ne puisait pas pour sa consommation cette même eau dans laquelle se déversaient les égouts des villes situées en amont.

L'assainissement général a toutefois fait de grands progrès. On s'est occupé activement de la répartition, de la dimension, de la propreté des rues et des habitations ; le drainage des déchets de toutes sortes a lui-même fait de grands pas, mais la destruction des matières organiques putrescibles est restée bien en retard. La question est pourtant de la plus haute importance. Les maladies contagieuses se propagent en effet par l'intermédiaire des déchets humains ; les microbes de la fièvre typhoïde, du choléra, de la dysenterie, de la tuberculose, sont véhiculés par les matières fécales. De cette façon se contaminent les sources et cette contamination se fait soit directement, soit par l'intermédiaire des couches souterraines : témoin l'expérience officielle de la ville de Paris : « Dans un puisard on introduisit un kilogramme d'une substance douée d'un intense pouvoir colorant, la fluorescéine ; au bout de quelques jours on retrouva le passage du flot coloré à quarante kilomètres à vol d'oiseau du premier puisard, dans une des sources qui contribuent à l'alimentation de la ville de Paris ». L'éloignement ne suffit donc point pour faire disparaître les résidus humains, la transformation est donc

utile, nécessaire, de façon à les rendre absolument inoffensifs.

Depuis une vingtaine d'années, cette question a été fort étudiée à l'étranger, en Allemagne, aux Etats-Unis, en Angleterre surtout et il est triste, comme le dit VINCEY, dans son rapport de 1907, « qu'un pays qui a eu l'honneur de posséder PASTEUR ait été le dernier à s'occuper des applications biologiques apportées à l'épuration ».

Il ne faudrait pas cependant pousser l'injustice à l'extrême ; de grands travaux ont été faits depuis quelques années, surtout depuis la loi de 1902 qui « interdit d'une façon rigoureuse aux municipalités de rejeter dans les rivières ou au sol des eaux brutes », c'est-à-dire sans aucune épuration. M. le Dr CALMETTE avait donc raison lorsque, dans l'introduction de son deuxième volume sur l'épuration biologique des eaux d'égout, il disait : « Il apparaît donc, malgré les regrettables lacunes de *la loi française du 15 février 1902* sur l'hygiène publique, que, en ce qui concerne les déversements des matières susceptibles de polluer ou de contaminer les cours d'eau, chacun commence à comprendre qu'il est impossible de tolérer plus longtemps les dommages qu'entraîne à la fois pour la richesse agricole et pour la salubrité de notre pays le rejet dans les rivières des déchets de la vie et de l'industrie humaine ».

La nécessité de réduire à néant les détritus de notre organisme est donc chose entendue et nous

chercherons, après avoir étudié l'histoire de l'épuration, à nous occuper spécialement de ce qui concerne les petites collectivités, voire même les habitations particulières. Nous verrons quelle est la théorie générale des procédés biologiques, quels sont les différents lits bactériens employés, enfin quels sont les principaux systèmes usités à notre époque avec leurs avantages et leurs inconvénients.

ÉTUDE SUR L'ÉPURATION DES EAUX USÉES par les lits bactériens et spécialement par la tourbe

CHAPITRE PREMIER

Historique

§ 1. — L'Epuration par le sol. L'Epandage

L'histoire de l'épuration remonte à la plus haute antiquité : 340 ans avant Jésus-Christ, le temple de *Jérusalem*, en effet, employait ses eaux impures à la culture des jardins de la vallée du Cédron. Les Egyptiens observèrent les mêmes coutumes de temps immémorial et chez tous les peuples, à toutes les époques, nous trouvons l'emploi des déchets humains comme engrais, mais les études scientifiques sur la question et l'épuration des eaux ménagères à proprement parler ne datent que du XIXe siècle.

Jusqu'alors l'éloignement des nuisances fut seul en honneur ; l'épuration n'était qu'un pur effet du hasard. Tout à l'heure nous avons cité les Romains construisant leur *Cloaca maxima ;* en

France, il faut remonter jusqu'au XVIe siècle pour voir un début d'assainissement dans Paris même. L'édit du 14 juin 1538 prononçait la « confiscation et de fortes amendes et même des peines corporelles contre les propriétaires qui jettent de leurs maisons aucunes immondices, soit pissats ou autres, quelles qu'elles soient ». Sous François Ier, sous Louis XIV, la chaise percée fut en grand honneur ; et la dénomination de cabinets ou lieux d'aisance pour des endroits le plus souvent infects où se cachaient les fosses fixes n'était-elle pas d'une amère ironie ? De plus, ces fosses entraînaient la création d'un système de vidange et « les maîtres fy-fy, les maîtres des basses-œuvres » les vidaient avec des seaux et en remplissaient des tonneaux qu'ils allaient jeter dans les voiries « et défense était faite au maître fy-fy de ne laisser espandre par les rues, ordures ou excréments sur les peines de dix livres parisis d'amende ». D'une étanchéité douteuse, pour ne pas dire nulle, ces fosses péchaient encore par les odeurs infectes qu'elles répandaient dans les maisons et qui incommodaient les habitants ; aussi, vers 1830, on imagina « la fosse mobile ». Ses dimensions étaient celles d'une futaille et chaque 8 ou 10 jours, on devait remplacer la fosse pleine par un récipient vide. Malgré nos progrès modernes sur l'épuration, nombre d'endroits en sont encore pourvus et, sans chercher bien loin, c'est encore aujourd'hui le mode usité dans nos casernes.

La « tinette filtrante » fut un premier pas dans la

voie de l'épuration. C'est vers 1860 qu'elle fit son apparition ; toutefois, la vidange était toujours nécessaire et si les liquides filaient au tout à l'égout, les solides n'en restaient pas moins dans l'habitation.

Apparut alors la méthode de destruction par les procdéés chimiques, mais après avoir approfondi la question, de 1862 à 1865, le Parlement anglais — c'est en Angleterre en effet que furent faites les premières recherches sur l'épuration — finissait par conclure que l'épandage était supérieur à l'épuration chimique. La lettre d'Hoffmann au lord-maire de Londres, en 1862, est là pour en faire foi : « Il résulte de nos expériences, dit-il, que tous les plans conçus pour utiliser les eaux d'égout, excepté celui qui consiste à les employer en irrigations, portent en eux-mêmes la preuve de leur impraticabilité ». Certaines villes anglaises, telles qu'*Edimbourg*, *Rugby*, *Carlisle*, pratiquaient déjà l'irrigation agricole et les commissaires royaux furent chargés de les visiter et d'en dresser des rapports. Le système entre en pratique à Londres en 1865 ; la *Metropolis Sewage Cie* commençait en effet à traiter les eaux vannes de la capitale britannique sur les terres de *Barking-Creck* et sur les sables de *Maplin-Sands* et *Dengie-Flat*. — Cet exemple fut bientôt suivi ; en 1869, on compte douze cités se servant de ce mode d'épuration, en 1873, quarante-deux en 1881, cent trente-quatre et cent soixante en 1897. — On se lassa bientôt de ce mode d'action et cet élan ma-

gnifique fut bientôt arrêté. On voit, en effet, des cités de l'importance de *Birminghamse* contenter de filtrer grossièrement les eaux ménagères ou de les clarifier chimiquement avant de les livrer à l'agriculture. Beaucoup de villes eurent des mécomptes, témoins *Vigam-Lincoln*, *Burton* et *Londres* même ne tarda pas à revenir en arrière et, après maintes hésitations, retomba dans la simple épuration chimique.

Une ville en France, cependant, épurait depuis de longues années ses eaux usées par le sol, sans y mêler les matières fécales. Depuis 1847, *Reims* possédait 534 hectares à cet effet, mais on ne fut éveillé par cette question que lors des rapports sur les travaux anglais et le bulletin de M. de Freycinet sur « l'Assainissement industriel et municipal en *Belgique* et en *Prusse Rhénane* ». M. Mille, ingénieur de la ville de Paris, traita aussi la question et fit même des expériences en 1865 sur un champ de Clichy. Ces expériences éveillèrent l'attention si bien qu'en 1866, on lui confiait la charge de faire des essais en grand. Aidé dans ses travaux par M. Durand-Claye, une usine élévatoire fut construite à l'extrémité du collecteur d'*Asnières* et en 1868, les terrains irrigués recevaient 120.000 mètres cubes. — La méthode sembla donner de bons résultats, puisqu'en 1869 nous voyons Paris acquérir de nouveaux terrains et de 120,000 mètres cubes d'eaux impures, *Gennevilliers* en recevoir 975.000. — La guerre de 1870 arrêta un si bel élan et ce n'est qu'en 1872, lors de la reconstruction du *Pont de*

Clichy, que la presqu'île de Gennevilliers reprit son exploitation, qui, depuis, n'a fait que s'étendre. Un rapport fut demandé aux chefs de l'entreprise, Durand-Claye, Mille, Alphand, sur les résultats de l'irrigation et son influence sur l'état sanitaire des habitants. L'épandage était en effet accusé de méfaits sans nombre ; la municipalité, les propriétaires y voyaient la cause des fièvres paludéennes et de la corruption des sources. Ces protestations d'ailleurs n'ont pas encore cessé de nos jours et bien qu'en 1897 M. Vallin déclarait « que cette guerre de sept ans était terminée à la gloire de Paris », nous ne pouvons cependant oublier que Pierrelaye Méry et Carrieres Triel rallumèrent la discorde, et bien qu'un rapport conclut à la valeur du système et à son extension sur le domaine d'Achères, la commission d'enquête de Seine-et-Oise rejeta ce qu'avait accepté la commission de Paris. Le Conseil municipal, dans une séance, émit, en 1880, un vœu : « tendant à l'épuration de la totalité des eaux d'égout par le sol et l'utilisation de ces eaux d'égout au profit de l'agriculture, non seulement à *Gennevilliers*, mais aussi dans une partie de la forêt de Saint-Germain. « *Les Odeurs de Paris* », commission dont Pasteur faisait partie, admit bien l'épandage, mais « sous la réserve que les matières seraient exclues des eaux d'égout » contrairement aux idées administratives; enfin le Conseil des Ponts et Chaussées appuya la municipalité, et le *Ministre des Travaux Publics*

approuvait le projet de la Ville le *28 juillet 1881.*

C'est alors qu'apparut le tout à l'égout à *Londres, à Bruxelles, à Amsterdam.* Une commission technique nommée par le Préfet le *25 octobre 1882* fut chargée de l'étudier sur place et en 1883 le tout à l'égout était proposé par le Préfet de la Seine et voté par la Chambre et le Sénat. En 1888, malgré la vive opposition de Pasteur, *par vingt-neuf* voix sur *trente votants* le Conseil d'Hygiène de la Seine approuvait la préservation du fleuve par l'épandage.

Même réponse fut donnée par le Comité consultatif d'hygiène et en 1889, sur le rapport du Dr Bourneville et du Professeur Cornil, « la loi sur l'utilisation des eaux d'égout à Achères était votée ». Enfin Paris permettait l'acquisition des derniers terrains pour l'épuration intégrale de toutes ses eaux vannes et obligeait les constructions du tout à l'égout *le 10 juillet 1894.*

Comme on vient de le voir le système de l'épandage avança difficilement en France. Nos voisins d'outre-Rhin, par contre, sous l'impulsion de savants tels que Koch, Virchow et Hobrecht, avancèrent beaucoup plus rapidement. Proust nous dit dans son article de la *Revue d'Hygiène* en 1883 sur les champs d'épandage de Berlin : « les premières études ont commencé en 1869, le plan d'exécution fut adopté en 1873, sa période d'exécution commença en 1874 et aujourd'hui, en 1885,

le programme est presque complètement réalisé ». Leurs champs d'épandage sont le double de ceux de Paris : *Osdorf*, *Grossberen*, *Falkeren*, *Malchow* donnent 1200 hectares.

Ce succès d'ailleurs a toujours continué et de nos jours maints ingénieurs et chauds partisans de l'épandage s'en servent comme de tremplin, mais on doit ajouter que Berlin est loin de se trouver dans les mêmes conditions que notre capitale et telle est l'explication de la différence des résultats.

Depuis lors, cette épuration, sans compter l'Angleterre qui en est comme la patrie, fut essayée sur une grande échelle dans beaucoup d'endroits et dans de nombreuses localités ; l'Amérique y contribua aussi en grande partie et les champs d'expérience au *Massachusetts* ont fait l'objet d'études très sérieuses.

§ 2. — L'Epuration artificielle. Les Lits bactériens

A côté de l'épandage, appelé méthode d'épuration naturelle, se trouve la méthode d'épuration biologique artificielle de date beaucoup plus récente. La découverte des bactéries nitrifiantes et surtout des théories de la fermentation si bien établies en 1861 par Pasteur en furent les causes. On arriva en effet à faire dans des conditions artificielles ce que la nature faisait sur les champs

d'épandage mais, si, peut-être, l'effluent fut moins satisfaisant, le rendement fut bien supérieur. Comme pour l'épandage, c'est l'Angleterre qui fut à la tête du mouvement et ce procédé y fut de suite d'autant plus en honneur que les qualités propices à l'épuration naturelle étaient loin d'être fournies par le sol anglais. La *Grande-Bretagne*, cependant, ne peut revendiquer la paternité de la méthode biologique, car si le « *Septic Tank* » est d'origine anglaise, il faut pour être juste ajouter qu'il n'est qu'une rectification, nécessaire, savante, mais une rectification de la *fosse Mouras*. Voici en effet ce que nous trouvons dans le *Cosmos* de décembre 1881 dans l'article « *Les Vidangeuses automatiques* » par l'abbé Moigno. Rien, absolument rien, voilà où en était en 1881 la grosse question vitale de la désinfection de Paris, quand un homme modeste s'il en fut jamais, M. *Louis Mouras*, petit propriétaire à Vesoul, me fit annoncer par un de mes savants et honorés confrères, qu'il avait compté sur moi pour inaugurer et populariser la solution radicale du problème qui avait été pendant des siècles comme un défi insolent jeté à l'humanité toute entière..... Il m'expliqua sa vidangeuse automatique en pleine fonction depuis 20 ans... Aujourd'hui enfin je puis exposer en liberté et dans tous ses détails, la plus simple, la plus belle, la plus grande peut-être des inventions modernes. » Ces paroles exagérées certainement comme la suite le prouva n'en sont pas moins un document prou-

vant que la fosse septique est bien d'origine française. A ce mouvement d'enthousiasme fit bien vite suite l'oubli le plus complet et c'est seulement l'Angleterre qui, jusqu'à ces derniers temps, étudia la chose à fond. Après les découvertes de *Pasteur* en 1861, *Schlœsing* et *Muntz* en 1877 mirent en évidence l'origine biologique de la formation des nitrates et des nitrites aux dépens de l'azote organique. L'année suivante, en 1888, Dibdin, ingénieur sanitaire de la ville de Londres, constatant les mauvais résultats donnés par l'épuration chimique, proposa à l'Institut des Ingénieurs civils d'épurer les eaux d'égout en cultivant les microbes. On juge si tous se récrièrent et on lui objecta « qu'il allait multiplier à plaisir les germes infectieux dont on cherchait à se défaire ». Sa proposition fut donc rejetée. En 1890, Winagrosky, plus heureux que Schlœsing et Muntz, réussit à isoler les ferments dont ces derniers avaient montré l'existence et il prouva que la nitrification exigeait l'intervention de deux microorganismes ; l'un, le *nitronomas*, qui transforme les ammoniaques en nitrites, l'autre, le *nitrobacter*, oxydant ces nitrites et en faisant des nitrates. Deux ans plus tard, Dibdin revint à la charge et commença une série d'expériences sur la rive gauche de la Tamise dans les immenses champs de *Barking*. Il créa peu après la célèbre installation de *Sutton* et en dirigea l'application dans un grand nombre de villes anglaises. Elle comportait deux séries successives de bassins fil-

trants garnis de coke, machefer, sable, briques concassées. Ces filtres montrèrent bientôt qu'ils comportaient plus d'un inconvénient dont l'un des moindres était de s'encrasser assez vite, c'est alors que Donald Cameron fit entrer en scène les anaérobies et les ajouta aux aérobies dont jusqu'ici on s'était exclusivement occupé. Cet ingénieur de la ville d'Exeter organisa le « *Septic Tank* » et en prit brevet le 2 mars 1897.

A côté des Anglais, les Américains, dès 1887, étudièrent aussi la question des lits bactériens. Ils construisirent leur fameuse station de *Massachusetts* sur les avis du Conseil de santé de l'Etat et chaque année ils font paraître des rapports très documentés sur la filtration bactérienne dont toutes les revues d'Hygiène font les commentaires les plus élogieux. Aux Etats-Unis également, Waring, en 1892, préconisait l'aération artificielle pour les filtres de *Newport* près New-York et cherchait à exalter les microbes nitrificateurs. Ce système d'ailleurs était d'un prix très élevé à cause des machines nécessaires pour actionner les pompes à air et toutes ces dépenses furent la cause de son abandon.

L'Allemagne, de son côté, sauf depuis quelques années, fit peu pour l'épuration par lits bactériens ; il faut en effet aller jusqu'en 1899 pour avoir un rapport de MM. Schmidtmann et Proskanter sur un procédé, copie d'ailleurs du Dibdin et du Cameron.

En France, sauf une relation de l'épuration des

eaux vannes d'Avignon « au moyen de filtres à sable fin et polarite qui neutralise les matières organiques et favorise comme les sols perméables le développement du ferment nitrificateur », par M. *de Montricher*, dans l'*Association française pour l'avancement des Sciences*, il faut arriver jusqu'à ces dernières années pour voir la question d'épuration bactérienne bien étudiée. M. Calmette, *le directeur de l'Institut Pasteur de Lille*, s'est tout particulièrement occupé de la chose et avec la collaboration de M. Rolant et de M. Launay, *Ingénieur en chef de l'Assainissement de Paris*, a fait à la *Madeleine-lez-Lille* des expériences et des recherches du plus haut intérêt. M. Bezault est, de son côté, arrivé à de bons résultats dans son usine de *Clichy*.

§ 3. — L'Epuration par la Tourbe

Les scories nécessaires pour la construction des lits bactériens ne se rencontrent pas toujours dans certaines localités. Aussi a-t-on cherché d'autres modes de filtration et d'épuration, d'autres matériaux capables de donner un effluent non putrescible et on a eu recours notamment à la tourbe. Ce procédé employé depuis de longues années a été remis à l'ordre du jour par les différentes communications faites par MM. Muntz et Lainé à l'*Académie des Sciences* et c'est pourquoi nous insistons un peu sur lui. Les premières expériences datent

de 1888 et furent faites à la station expérimentale de *Lawrence*, aux Etats-Unis. Mais les résultats ne furent pas heureux. Trois ans plus tard, par contre, le professeur Pagliani, de Turin, faisait installer à l'Ecole de Perfectionnement de l'Hygiène publique dont il était directeur, un appareil à tourbe et obtenait un rendement qui n'était pas à dédaigner. Il se servait ensuite des lits de tourbe, lorsqu'ils étaient saturés, comme engrais. En Allemagne, Schwarzkopf et Petri, après avoir traité l'eau chimiquement l'envoyèrent sur des filtres à tourbe. Leurs essais à l'Institut d'Hygiène de Berlin ne furent pas couronnés de succès. Degener eut de meilleurs résultats. Mais il faut aller jusqu'en 1900 pour voir une étude vraiment approfondie de la question. En Italie, Adolfo Monari opéra avec des matières de vidange et constate que si l'effluent était encore très putrescible, les matières en suspension dans la tourbe donnaient à celle-ci une véritable richesse agricole. En France, en 1906 et l'année dernière, Muntz et Lainé montrèrent que le substratum de la tourbe est tout à fait favorable aux microbes nitrificateurs surtout lorsqu'on y ajoute du calcaire, mais, ajoutent-ils, il est nécessaire de renouveler de temps à autre la couche superficielle ou de la mélanger avec les couches inférieures. En 1909, le Dr Ghysen fit des expériences très intéressantes que nous étudierons et rapporterons en partie dans notre prochain chapitre.

Telle est dans ses grandes lignes l'histoire générale de l'Epuration biologique. Comme nous pouvons le voir, elle est née d'hier et cependant de nombreux savants se sont déjà ocupés de la question et des expériences très intéressantes ont été faites à ce sujet. Voyons maintenant dans un second chapitre d'après quels principes, d'après quelles théories se font toutes les transformations des déchets humains.

CHAPITRE IV

Théorie de l'Epuration

L'Epuration des eaux ménagères peut se faire de diverses façons. On a employé tout à tour les procédés mécaniques, les procédés chimiques, le procédé biologique.

Les procédés mécaniques, les plus anciens en date, ne sont que des dégrossisseurs et n'accomplissent pas l'épuration. Ils sont au nombre de trois : la décantation, la filtration, l'électricité. Les deux premiers systèmes furent vite abandonnés, quant au troisième, basé sur l'électrolyse, il est de date plus récente. Mais comme les deux autres, toutes les commissions le condamnèrent.

L'Epuration chimique ou destruction des matières par préparations spéciales, se servit des réactifs les plus divers, et le nombre de ceux-ci n'est plus aujourd'hui à compter. Comme la précédente méthode, sans être abandonnée, elle n'a pu donner tous les résultats qu'on en attendait.

Seule, l'épuration biologique, bien que ce ne soit pas, devons-nous ajouter, l'idéal, reste pour ainsi dire en cause aujourd'hui. Elle se divise en deux groupes qui ont eu et ont chacun leurs chauds partisans : l'épuration biologique par le sol « *l'épandage* », l'épuration biologique artificielle « *par lits bactériens* ». Ces derniers formés soit de machefer, soit de scories, soit de tourbe, voire même de mélanges plus ou moins compliqués.

L'épandage, de beaucoup le plus ancien comme nous l'avons vu dans notre historique, n'est applicable qu'aux grandes collectivités et même, devons-nous dire, ce procédé, s'il présente de réelles qualités — rendement supérieur d'épuration par exemple, à condition toutefois que le terrain soit idéal, que la température et le temps soient favorables — possède de tels inconvénients, mène à de telles difficultés que la méthode artificielle lui est préférée en maints endroits et préférable.

Le deuxième, par contre, les lits bactériens, tout en pouvant être agréé par les villes et les grosses agglomérations — les cités anglaises, par exemple — a l'avantage immense de pouvoir l'être également par les petites collectivités jusque dans les maisons particulières. Notre sujet comportant l'étude des procédés d'épuration biologique applicables aux petites collectivités, nous laissons donc de côté l'épandage pour ne nous occuper ici que de l'épuration intensive par fosses septiques et lits bactériens. Nous étudierons la technique pour passer ensuite

en revue les différents procédés mis jusqu'à ce jour dans la pratique courante par les divers ingénieurs et les différentes compagnies.

§ 1. — L'Epuration par fosses septiques et lits bactériens proprement dits

1° *Principe*

« Le principe de tous les systèmes d'épuration biologique artificielle », nous dit M. le Dr Calmette dans son premier volume *des Recherches sur l'Epuration biologique des Eaux d'Egout,* « consiste à utiliser exclusivement les actions microbiennes pour dissoudre les matières organiques que renferment les Eaux d'égout et pour les décomposer jusqu'à ce qu'elles soient ramenées à l'état d'éléments minéraux, de nitrates, de gaz carbonique, d'hydrogène, de formène, d'eau et d'azote gazeux.

Faire agir les microbes pour réduire tous les déchets humains, utiliser en un mot les théories de Pasteur sur la fermentation, celles de Schlœsing et Muntz sur la nitrification, tel est le procédé recherché par l'Epuration biologique artificielle. Tout d'abord, pourquoi ce nom d'épuration biologique artificielle ? C'est grâce aux mêmes microbes que l'épandage fonctionne, c'est grâce aux mêmes bactéries que sur un sol cultivé ou non les détritus peuvent se désorganiser et se détruire. Mais tandis que dans ce système le travail microbien est laissé à ses

propres ressources, dans l'épuration artificielle, au contraire, ce travail est conduit, accéléré, réglé à volonté. Cette épuration permet donc en un temps beaucoup plus restreint, sur des espaces bien plus petits, chose importante à noter, de détruire des quantités bien plus considérables de matières et d'arriver à un degré de pureté presqu'aussi parfait.

2° *Technique*

On a souvent confondu les mots d'épuration biologique avec le nom de fosses septiques. La fosse n'est qu'une partie dont l'épuration est un tout; et si l'épuration peut se faire sans fosse septique préalable, l'inverse n'est pas possible. Une simple fosse septique ne sera qu'un dilueur, un diviseur, si la phase de nitrification ne lui succède. Toutefois cette opinion est peut-être un peu exagérée. *Le professeur Dunbar* qui, il y a 8 ans, déclarait que la fosse septique n'était pas indispensable, proclame maintenant que la fosse septique est une sérieuse préparation en vue de l'épuration définitive — et nous lisons dans le *Times* du 16 octobre 1907, sous la signature de M. E. Clowes « il a été généralement trouvé avantageux de faire subir à l'eau d'égout un traitement préliminaire avant de l'envoyer sur les filtres. »

On peut diviser en quatre phases, avec *M. le Dr Calmette*, la technique de l'épuration biologique sur lits bactériens :

« 1° La séparation des résidus solides, opération purement mécanique ;

« 2° La dissolution des matières organiques par fermentation anaérobie et leur gazéification partielle ;

« 3° La fixation de ces matières organiques dissoutes sur des substances capables de servir en même temps de support aux microbes oxydants anaérobies ;

4° La transformation par les microbes des matières azotées dissoutes et fixées en nitrites, puis en nitrates solubles et des matières en produits gazeux et en eaux. »

La première n'est qu'une phase de filtration et de dégrossissement, l'épuration ne débute en réalité qu'à la seconde. Dans celle-ci, l'eau est reçue dans des bassins où la pullulation rapide et abondante des ferments anaérobies se fait ; les matières se dissolvent complètement, « les substances ternaires ou hydrocarbonées s'y décomposent en carbures d'hydrogène, en gaz carbonique et en eau. Les substances quaternaires ou azotées s'y désagrégent en peptones, en composés amidés solubles, en ammoniac ». L'eau ne contient plus alors de matières en suspension et est dirigée sur les lits bactériens ; alors commence la troisième opération, la fixation des matières dissoutes sur les lits bactériens. Ces lits, composés de machefers, de coke, de briques concassées, etc... sont alternativement immergés et aérés. Pendant l'immersion ces maté-

tériaux fixent les matières dissoutes et, suivant la comparaison classique, « c'est un véritable phénomène de teinture qui se produit ». Enfin, pour terminer le cycle, les microbes se multiplient et, grâce à l'oxygène de l'air, oxydent, nitrifient complètement la matière fixée sur les lits et l'eau en sort aussi pure que possible.

Lorsque, comme dans la description que nous venons de donner, l'épuration se fait par lits de contact avec intermittence, on a le système des « *contact beds* ». Quand au contraire les deux dernières phases, c'est-à-dire la fixation et la transformation des matières, peuvent se réunir en une seule, c'est le procédé par percolateurs « *percolateur beds* » à filtrage continu.

Tels sont exposés brièvement le principe et la technique de la méthode dite « épuration biologique artificielle ».

3° *Parties essentielles d'un appareil à épuration.*

Pour arriver au résultat voulu, voici maintenant quelles sont les principales parties, dont tout bon appareil doit être muni. Tout d'abord un dégrossisseur, filtre à sable, par exemple, pour éliminer les résidus trop gros et trop volumineux. Certains appareils en seront dépourvus, la pièce en effet n'est pas indispensable. Toutefois, le fonctionnement aidé par ce filtrage préalable, n'en sera que meilleur. Nous aurons ensuite une fosse septique

ou fosse à fermentation, grand réservoir variable suivant le volume à épurer, hermétiquement clos, sans air ni lumière. Au sortir de la fosse septique, les liquides aérés d'une manière quelconque seront alors conduits sur les lits filtrants composés de matières inorganiques quelconques.

4° *Fonctionnement de l'appareil.*

Le principe nous est connu, les parties essentielles sont énumérées, comment fonctionnera maintenant un tel système ?

Comme toujours, nous laissons de côté la décantation qui, surtout au point de vue vidanges, n'a pas grand intérêt et, directement, nous arrivons à la fosse septique. Vingt-quatre heures, tel est le temps nécessaire aux microbes pour attaquer les différentes matières en suspension dans l'eau. Les bactéries s'emparent de certaines de leurs molécules pour leur propre constitution et aussi pour leur nourriture ; de plus, ces bactéries sécrètent des diastases et contribuent ainsi à la solubilisation totale. De cette action fermentescible, naissent liquides et gaz. Parmi ces gaz, les uns sont dissous, les autres sont évacués et une grande quantité d'ammoniac résulte de cette désagrégation. C'est alors que l'eau sort de la fosse septique et de la phase d'action anaérobique passe à la phase d'action aérobique. Les eaux, tout d'abord aérées, sont distribuées ensuite sur les différents filtres et, pendant un

certain temps, restent en contact avec les matières inorganiques. Pendant cette période, les matières en solution se déposent et les bactéries commencent leur travail. Toutefois, la principale épuration se fait lorsque le filtre est vide, c'est-à-dire quand l'oxygène de l'air pénètre dans tous les replis des lits de contact : l'azote ammoniacal est transformé en nitrites par les ferments nitreux — et à leur tour ces nitrites se transforment en nitrates. — Voici, d'ailleurs, quels sont les différents temps qui, de l'avis de tous, sont nécessaires à cette phase principale et sans laquelle il n'y aurait aucune épuration : une heure pour le remplissage, deux heures pour le contact avec les scories, une heure pour la vidange et quatre heures de repos. C'est donc trois fois par vingt-quatre heures qu'on pourrait renouveler l'opération.

§ II. — L'Epuration par la tourbe

A côté des lits bactériens formés par le coke, le mâchefer, on peut placer l'épuration par la tourbe, procédé déjà vieux d'ailleurs, mais remis à l'ordre du jour par les travaux de Muntz et Lainé et les expériences de Ghysen. Etudié en Amérique comme nous l'avons déjà dit plus haut, l'attention ne fut guère attirée cependant de ce côté que par les études de Pagliani en 1891. Un article très complet sur ce sujet a été fait par M. Vallin dans la *Revue d'Hygiène et de Police sanitaire* d'avril 1892. Depuis fort

longtemps la tourbe était employée dans les pansements antiseptiques. C'est qu'en effet la tourbe est un excellent absorbant. Hydratée à 15 0/0, elle peut retenir plus de la moitié de son poids d'eau. Elle a un pouvoir absorbant tout spécial pour les déjections animales et pour l'urine. Sans perdre ses propriétés, elle décompose les matières et les oxyde et il en est de même pour les gaz et spécialement pour ceux de la putréfaction. Vallin cite l'exemple suivant : « Tandis que 1000 grammes de liquide excrémentitiel consomment 1 gr. 297 d'oxygène, le même liquide, après filtration sur la tourbe, n'en consomme plus que 0 gr. 2266. C'est donc 83 0/0 de la matière organique du liquide filtré que retient la tourbe ». Aussi comprend-on qu'on pensait à l'utiliser comme lit bactérien. Si Pagliani trouva que la tourbe était avantageuse à cause de cette absorption considérable, il montra aussi que son pouvoir désodorisant n'était pas moindre. L'odeur communiquée aux matières fécales est en effet due en grande partie à l'hydrogène sulfuré. Or ce gaz contenu dans les liquides de fermentation disparaît également, en grande partie tout au moins, par l'action de la tourbe. Voici d'ailleurs les expériences relatées par M. Vallin : « Al'Institut vaccinal de Rome se trouvent cinq ou six génisses. Elles n'ont d'autre litière qu'une épaisse couche de tourbe, laquelle reçoit toutes leurs déjections et qu'on renouvelle rarement. La chambre transformée en étable est en communication immédiate et de plein-pied avec

le cabinet du directeur et ne dégage aucune odeur ainsi que nous l'avons constaté. Il était donc difficile de trouver une meilleure substance pour constituer un champ artificiel d'épuration intensive. »

Voici une autre expérience faite avec une vidangeuse automatique. Pagliani fit construire une fosse maçonnée de 2 mètres de long sur 1 m. 40 de haut et 0 m. 80 de large. Cette fosse avait toute l'apparence d'une fosse à fumier ordinaire, mais elle était couverte d'un toit légèrement surélevé et incliné ; la tourbe était ainsi à l'abri des pluies. Elle était, de plus, largement aérée par des ouvertures pratiquées dans le mur soutenant la toiture. La fosse était divisée en deux parties : la plus petite, voûtée, était une sorte de puisard où aboutissait le tuyau de trop plein et où se réunissaient toutes les eaux vannes. L'autre, beaucoup plus grande, était également cimentée et étanche et le fond incliné et sillonné de tuyaux conduisait les liquides filtrés vers une bouche de sortie placée à l'extrémité opposée du puisard et en communication avec l'égout de la ville. La grande fosse étanche était remplie de tourbe naturelle sèche sur une hauteur de 80 centimètres. L'eau qui sortait de la vidangeuse passait du puisard dans la tranchée pleine de tourbe par des barbacanes ou grilles ménagées à diverses hauteurs. Il fallait en effet que la tourbe ne fut ni inondée ni noyée, mais que l'air y circulât. Ces liquides étaient encore fort riches en matières organiques, mais ils étaient beaucoup moins putrescibles

et par conséquent beaucoup moins dangereux au point de vue hygiénique. Au bout de 9 mois d'expérience, les 2 mètres cubes de tourbe qui avaient filtré les liquides et les déjections fournies par 150 personnes n'avaient pas encore perdu leur activité et la moitié de cette tourbe était presque intacte. Le reste n'était pas arrivé à un degré d'absorption qui empêchât de s'en servir. » Suit, dans l'article de M. Vallin, la quantité d'eau, de substances volatiles à plus de 100° et de matières organiques trouvées à l'aide du permanganate de potasse, variant avec les différentes hauteurs de la tourbe.

Niveau de tourbe	Eau et substances volatiles à + 100°	Matières organiques réduites par MnO^4K
à 50 cent.	61,86 %	12,13 %
à 30 —	64,68 %	12,04 %
à 10 —	68,24 %	22,96 %
à 0 —	70,28 %	13,71 %

C'est donc au voisinage du fond de la fosse qu'on rencontrait le plus d'eau et à 10 centimètres au-dessous qu'on trouva le moins d'épuration. On doit cependant ajouter en toute justice que les chiffres de matières organiques représentent non seulement ceux des matières de vidanges, mais aussi ceux des matières contenues dans la tourbe. Outre ces constatations, Pagliani assure qu'aucune odeur désagréable ne se dégageait de la tranchée et quand on soulevait le toit ou couvercle qui la couvrait, on sentait simplement une « odeur fade de cave ou de terre mouillée rappelant celle d'un égout mal tenu,

mais ne concordant en rien avec l'odeur infecte qu'aurait pu laisser prévoir l'amas d'une telle quantité de matières fécales ». Il concluait donc que « les liquides qui ont traversé la tourbe peuvent sans inconvénient être projetés dans n'importe quel égout ; ils le souilleront et le colmateront moins que la plupart des eaux ménagères qu'on a coutume d'y verser ».

Comme on peut le voir, Pagliani fut donc un grand promoteur de ce mode de lit bactérien et les expériences que nous venons de relater en les résumant un peu sont loin d'être une preuve pour la condamnation de ce système. Pouvoir absorbant immense, valeur désodorisante parfaite, telles sont les deux grandes qualités que possède la tourbe. Nous pouvons ajouter de plus que si les effluents contiennent encore un peu de matières organiques, un des avantages considérables c'est que ceux-ci ne sont pour ainsi dire plus du tout putrescibles et par là même inoffensifs.

On a reproché toutefois à la tourbe de détruire la vitalité des microbes de la nitrification et cela proviendrait des différents acides contenus dans ce lit bactérien. *M. le professeur* Vestea, *chef du laboratoire de bactériologie à l'école de perfectionnement d'Hygiène publique de Rome,* a entrepris des expériences pour prouver le contraire et il a pleinement réussi. Sans dire que ces acides favorisent les bactéries nitrifiantes, leur action est absolument nulle sur leur développement.

Un peu plus tard, un savant de *Stockolm*, Wawrinski, a étudié également l'épuration par la tourbe. Voici quelles sont les constatations que l'on peut tirer du mémoire qu'il a publié. L'humus de tourbe absorbe plusieurs fois son volume d'eau ; les excréments mélangés de 1/8 à 1/10 de leur quantité de cet humus forment une poudrette de manipulation facile. « Ils ne dégagent plus, dit-il, de gaz fétides ou nocifs. » Les dosages des gaz aspirés sous des cloches montrèrent « que l'hydrogène sulfuré était complètement retenu, que l'ammoniac et les hydrates de carbone calculés comme gaz furent chacun diminués de 75 0/0, que le gaz carbonique d'abord plus abondant pendant les premiers jours du mélange tomba peu à peu à 50 0/0 ». Comme Pagliani, il constata aussi l'action fortement désodorisante de la tourbe, mais il s'attacha plus que lui à son action bactériologique. Avec Gafky, il trouva en effet une grande quantité de bactéries dans la tourbe ; il trouva que seuls les microbes pathogènes de l'intestin n'y pullulent pas. Un peu moins enthousiaste du système que le professeur italien, il ne rejette cependant pas la tourbe et conclut de la façon suivante : « l'humus de tourbe possède au plus haut point le pouvoir de dessécher et de désodoriser les excréments ».

Délaissée pendant une dizaine d'années, c'est en 1906 que MM. Muntz et Lainé, dans un compte rendu à l'*Académie des Sciences*, indiquaient que «la tourbe, résidu de la décomposition des végétaux

au sein de l'eau, formait un support très favorable à l'activité des microbes nitrifiants. » Ils résolurent donc de s'en servir pour l'épuration des eaux ménagères. Ils se servirent de *tourbe mousseuse de Hollande*, mais ils l'intercalèrent avec des scories. Leurs résultats furent bons au début, mais rapidement ils devinrent incomplets par suite du colmatage de la tourbe. Ils constatèrent que ce colmatage se faisait d'autant plus vite que les eaux usées dont ils se servaient contenaient plus de matières colloïdales. Une véritable membrane dyalisante se formait en effet au-dessus de la tourbe et, de plus en plus épaisse, elle finissait par empêcher complètement l'arrivage de l'air jusqu'aux matières à épurer et gênait par là même l'oxydation. Après avoir cherché à remédier à cet obstacle, M. Muntz constata que les résultats peu encourageants obtenus jusqu'alors venaient de la tourbe et de son mélange avec des scories, aussi remplaça-t-il cette dernière par la *tourbe moyenne des marais de la Somme* et l'employa-t-il seule. Depuis deux ans, c'est avec ces matériaux que Muntz et Lainé ont fait toute une série d'expériences qui ont montré jusqu'ici les avantages de la tourbe et tout le profit qu'on pourrait en retirer.

M. Calmette a, de son côté, essayé à *La Madeleine* ce système. Seules les expériences de laboratoire ont donné de bons résultats. Aussi a-t-il voulu comparer la valeur nitrifiante de la tourbe et des scories; il découle de là que la tourbe a « une action

cinq fois plus active ». Il ajoute ensuite à chaque filtre expérimentateur du carbonate de chaux. L'épuration des scories augmente, celle de la tourbe, si elle n'augmente pas, reste tout au moins identique. Il conclut donc ainsi dans son chapitre particulier sur la tourbe (quatrième volume des *Recherches sur l épuration*).

1° « Que la tourbe est meilleur support que les scories pour obtenir une bonne nitrification de l'ammoniaque lorsqu'elle est seule. »

2° « L'addition de calcaires aux scories permet d'obtenir une nitrification comparable à celle obtenue dans les lits de tourbe mélangée de calcaires. »

Tout récemment enfin, le Dr J. Ghysen vient de publier une très intéressante étude sur cette question. Comme tous les précédents, il a constaté la faculté d'imbibition très grande que possède la tourbe et a conclu « qu'elle était notablement supérieure à celle des autres filtres. » Il a vu également que les matières colorantes étaient très retenues par la tourbe. L'étude bactériologique qu'il fit lui donna les résultats suivants : « Alors que l'eau brute employée contenait 20 à 40 millions de bactéries par centimètre cube, l'effluent en avait 20.000 à 50.000. » Cependant, on doit dire qu'il ajoutait de la craie, mais comme nous l'avons noté dans les expériences de Muntz et de Calmette, cette addition n'a aucune influence sur la tourbe. Il a fait également des expériences sur les effluents et ses résultats ont été

que les « effluents sont sans odeur, clairs, imputrescibles. »

La tourbe, on le voit donc, a été très usitée comme lits bactériens d'expériences depuis ces derniers temps. Faut-il conclure qu'elle est la meilleure façon d'épurer. Non certes, mais on peut dire que « quand elle est bien choisie et bien perméable elle se prête très bien à la filtration intermittente et à la construction des lits bactériens.

CHAPITRE III

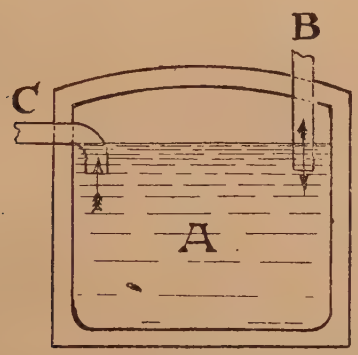
Différents types d'appareils à Épuration pour petites collectivités

---

Nous avons étudié le principe et la théorie de l'épuration, nous savons à quoi serviront les fossses septiques et les lits bactériens, quelle que soit leur composition, passons maintenant en revue dans notre dernier chapitre quelques-uns de ces différents appareils tâchant d'en montrer les avantages et les inconvénients. Nous commencerons tout d'abord par les fosses septiques proprement dites, décrivant en premier lieu la plus ancienne de toutes, la fosse Mouras ; nous résumerons ensuite une partie du chapitre XVI du troisième volume de l'ouvrage de M. Calmette où sont étudiés tous ces appareils, et, puisque nous nous sommes étendus d'une façon spéciale sur l'épuration par la tourbe, nous terminerons par les systèmes qui prétendent arriver à de bons résultats à l'aide de ce lit bactérien.

1°) La fosse « Mouras »
Vidangeuse automatique Mouras.

C'est en France qu'apparut pour la première fois l'épuration artificielle biologique appliquée aux habitations et aux petites collectivités. L. Mouras, propriétaire à Vesoul, fit connaître en 1881, par l'interméniaire de l'*abbé* Moigno, *directeur du* Cosmos, « *sa vidangeuse automatique et inodore* » et quelques mois plus tard, il ne prenait brevet sous le n° 144904.



brevet N° 144904

La fosse ou vidangeuse automatique Mouras, presque partout abandonnée aujourd'hui, était constituée tout simplement « par une fosse fixe d'une capacité égale à environ 1/10 de mètre cube

par personne à desservir ; aussi étanche que possible, elle devait être toujours pleine de matières provenant des water-closets et était munie d'un tuyau de chute plongeant et d'un déversoir de trop plein. Cette fosse devenait quelques semaines après sa mise en marche le siège de fermentations actives aboutissant à la solubilisation des matières qui s'y accumulaient. A la surface du liquide, les substances les plus légères venaient former une sorte de chapeau plus ou moins épais, les substances les plus lourdes se déposaient au fond et se liquéfiaient peu à peu. La zone intermédiaire ne renfermait bientôt plus qu'un liquide d'un jaune ambré légèrement louche, peu odorant, riche en AzH^3 ; c'est dans celle-ci que plongeait le tuyau de déversement. Au fur et à mesure que l'on déversait dans la fosse de nouvelles quantités de matières un volume égal de liquide s'échappait par le déversoir et ce liquide à moitié épuré pouvait être employé très utilement en irrigations sur le sol. Il ne présentait donc plus ni les inconvénients de l'épandage, ni les dangers des substances putrescibles et gardait cependant toute la valeur de celles-ci comme engrais. »

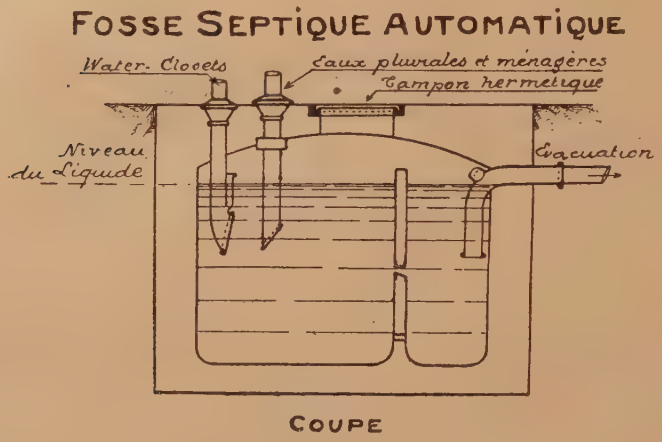
Adoptée dès son origine, la fosse Mouras a fonctionné dans beaucoup de casernes, dans de nombreuses villes, notamment à Marseille et à Bordeaux. Mais bientôt de nombreuses plaintes arrivèrent et, au nom de la troisième sous-commission, M. Vallin étudia deux fosses Mouras. L'une, située chez un fabricant, l'autre à l'observatoire de Montsouris.

Les résultats furent peu favorables et en particulier pour celle de M. Marié-Davy. Cet appareil cubait 500 litres, il servait à quatre personnes, il recevait environ 200 litres par jour : or, 0,19 d'azote, c'est-à-dire trois ou quatre fois plus qu'une eau d'égout, tel était ce que donnait l'effluent. Ajoutez à cela que si la quantité d'eau versée pour chaque personne était inférieure à 25 litres, l'odeur devenait repoussante. Dans un autre cas, on crut nécessaire d'évacuer par un orifice inférieur les dépôts et couches basses du liquide contenu dans une fosse en tôle : les gaz, les odeurs qui se dégagèrent faillirent asphyxier plusieurs ouvriers travaillant dans un égout voisin. Malgré cela, la fosse Mouras eut une grande expansion, surtout dans le Midi de la France et particulièrement à Bordeaux. D'après Vallin, en effet, sur 31.000 maisons qui forment cette ville, 17000 ne peuvent se servir du tout à l'égout. M. Mauriac disait qu'on ne vidange jamais une fosse Mouras « une fois on voulut le faire, on n'y trouva rien ». Par contre, d'autres villes donnèrent des résultats contradictoires. En somme, le manque d'odeur, à cause de l'obstruction hydraulique, était le seul avantage d'un tel système, bien minime à côté des inconvénients qu'il présentait.

2° Fosse septique de Bezault

La fosse septique de Bezault n'est pas autre chose que l'exacte reproduction de l'ancienne fosse

Mouras comme extérieur. La différence essentielle est constituée par l'air qu'on y fait parvenir. On



y a ajouté une chicane ou cloison incomplète qui a pour but de briser le courant et d'empêcher l'évacuation au dehors des matières solides ayant plus de 25 millimètres de diamètre. Ses inconvénients sont les mêmes que ceux de la fosse Mouras. Voici d'ailleurs ce que M. Calmette rapporte dans son article sur l'épuration des eaux vannes des habitations isolées, p. 114 : « *Le 8 mars 1907*, la Commission nommée par le Conseil d'Hygiène publique et de salubrité du département de la Seine a visité à l'hospice de *Cayla, à Bécon-les-Bruyères*, une fosse de ce système.

L'odeur qu'elle dégageait lorsqu'on l'eut ouverte tait assez forte. Des prélèvements de son contenu

furent effectués les 8 mars et 18 avril. Les résultats des analyses chimiques et bactériologiques sont résumés dans le tableau suivant. Le liquide prélevé dans le deuxième compartiment, à 60 centimètres au-dessous de la surface, était noirâtre, très trouble, et exhalait l'odeur de l'hydrogène sulfuré.

	ANALYSE DES PRÉLÈVEMENTS (millig. par litre)	
	du 8 mars 1907	du 18 avril 1907.
Azote total	171,4	143.4
— ammoniacal	153,0	139,0
— nitrique	»	1,1
Matière organique (en oxygène emprunté au permanganate, en solution alcaline)	57,0	61,0
Chlore	93,0	103,0
Résidu sec à 180°	602,0	551,0
Résidu fixe après calcination au rouge sombre	420,0	38[illegible],0
Bactéries par cmc	9 100 000	27 900 000
Bacterium coli, par cmc	1 000	1 000

Il n'y a donc, dans la fosse dont il s'agit, aucune destruction de la matière organique. Aussi, le Conseil d'hygiène publique du département de la Seine, sur le rapport présenté par le Dr Laveran, au nom de la Commission, a-t-il conclu que le déversement des liquides sortis de ces fosses, soit dans des puisards absorbants, soit dans des égouts, devait être *interdit*, et que, dans le périmètre du département de la Seine, jusqu'à l'installation du tout à l'égout, on pouvait tolérer les appareils de ce genre *à la condition que les liquides en provenant soient conduits*

par des tuyaux étanches sur des terrains d'épandage ou sur des lits bactériens d'oxydation acceptés par l'administration et placés sous sa surveillance (1).

3° Fosse septique a caisse siphoide de M. Devrez

Les cloisons facilitent les dépôts des matières en suspension. M. *Devrez, ingénieur à Seignelay* (Yonne) les supprime. « Elles ont l'inconvénient, dit-il, de nécessiter trop souvent le dragage ou le curage des fosses » ; aussi les remplace-t-il par une caisse siphoïde en ciment armé et qui n'est autre qu'une cloison, mais reportée à l'extérieur. De cette façon, en cas d'engorgement, on peut désobstruer la sortie de la fosse à l'aide d'un simple crochet flexible. Cette question de détail mise à part, on doit lui faire les mêmes reproches que pour les deux précédentes, qu'elle n'est qu'un dilueur, non un épurateur.

4° Transformateur integral

Nous n'avons vu jusqu'ici que des fosses septiques, avec cet appareil, nous entrons dans l'application des lits bactériens. A la fosse septique

(1) Compte-rendu des séances du Conseil d'hygiène publique et de salubrité du département de la Seine, 2 août 1897.

des appareils précédents s'ajoute en effet ici une première fosse entièrement garnie de morceaux de calcaire de la grosseur d'un œuf de pigeon et des lits bactériens recouverts de quelques centimètres d'un mélange de calcaires avec des scories et du terreau ; ces lits bactériens sont, de plus, aérés. Une Commission spéciale du Conseil d'Hygiène du département de la Seine a visité, le 13 décembre 1906, un transformateur intégral à l'hôpital de Saint-Germain-en-Laye et dont la fosse septique, de la contenance de 42 mètres cubes, était alimentée par trois cabinets d'aisance fréquentés par 40 malades. Une prise de liquide fut effectuée à l'effluent des lits bactériens, ainsi qu'à la sortie de la fosse septique, en voici les résultats d'après le rapport de M. Laveran :

	ANALYSE DES LIQUIDES (milligr. par litre)		
	13 déc. 1906 Lit. bactér.	27 déc. 1906 Fosse septique	27 déc. 1906 Lit. bactér.
Azote total	480,3	226,1	230,2
Azote ammoniacal	470	218,5	225,6
Azote organique	14.1	4,7	2,4
Azote nitrique	14,1	4,4	1,9
Matière organique ($Mn\ O^4\ K$)	17	98	35
Résidu sec à 180°	1.343	850	837
Résidu fixe après calcination au rouge	790	595	690
Bactéries par cmc.	450.000	8.000.000	15.500.000
Bactérium coli par cmc.	10.000	1.000	1.000

Ces résultats montrent qu'il n'y a aucune épuration réalisée. L'azote albuminoïde s'y transforme en grande partie, comme dans toutes les fosses septiques, en azote ammoniacal mais celui-ci ne se minéralise pas. Donc l'oxydation est à peu près nulle. Aussi la conclusion du Conseil supérieur d'Hygiène de Bruxelles fut-elle que « *le Transformateur intégral* ne fonctionne pas avec la régularité nécessaire et que les processus d'oxydation sont loin d'atteindre le degré voulu ». Voici d'ailleurs les propres paroles de son rapporteur, M. F. Putzeys : « Il serait regrettable d'encourager et même d'autoriser l'emploi, dans les établissements publics, d'un système d'épuration qui ne procure nullement les avantages que son titre promet. Cette tolérance aurait certainement pour effet de discréditer une méthode qui, dans d'autres mains, a donné d'excellents résultats. » Cet insuccès tient à ce que les lits bactériens ne sont pas régulièrement mouillés et aérés, les intermittences étant mal réglées. La circulation se fait tantôt trop vite, tantôt trop lentement, aussi il arrive souvent que les phénomènes d'oxydation n'ont pas le temps de s'accomplir.

5° Fosse simplex

Cet appareil d'épuration domestique est construit en béton armé parfaitement étanche. C'est

une fosse septique cylindrique à cloisons dont l'effluent est conduit sur un puisard de nitrification ou puits bactérien. Il se compose d'une cuve remplie de mâchefer dont les morceaux vont en diminuant de grosseur de bas en haut et disposés en trois couchees. Ces couches sont pilonnées pour rendre la masse plus homogène et pour éviter que l'eau ne la traverse trop rapidement. « Les liquides fermentés anaérobiquement subissent dans ce puisard bactérien une nitrification qui peut ne pas être complète mais qui s'achèvera ensuite dans le sol perméable sous-jacent. Aucun hygiéniste ne saurait évidemment souhaiter l'emploi généralisé d'un tel système dans les villes et encore moins dans les agglomérations rurales qui sont obligées d'extraire de leur sous-sol, par des forages ou par des puits, leurs eaux d'alimentation. Mais dans certains cas, lorsqu'il s'agit de maisons isolées à la campagne, surtout si la nappe aquifère est protégée contre les infiltrations superficielles par une couche imperméable ou par une épaisses couche de sable fin, il peut rendre de réels services en raison de sa simplicité de construction. »

6° Puisard absorbant de E. S. Auscher

M. Auscher, ingénieur sanitaire, propose d'annexer aux fosses Mouras, dans les localités où il

n'existe pas d'égout et où l'on est obligé de recourir aux puisards absorbants, un type spécial de puisard. Il se compose d'une caisse en tôle perforée autour de laquelle l'air circule librement. Dans la caisse se trouve une couche de scories, une couche de sable et une deuxième couche de scories. L'appareil est placé au dessus d'un puisard absorbant où s'écoule l'effluent légèrement épuré par la caisse primitive Cet appareil très simple, peu coûteux, peut rendre quelques services à la campagne si l'on veut réfléchir que 90 0/0 des détritus ménagers et des matières de vidange sur l'ensemble du territoire français vont au sous-sol sans aucune épuration préalable. Il est certes loin d'être parfait, mais la situation sanitaire du pays en serait certainement améliorée « si l'on ne tolérait les puisards absorbants qu'à la condition qu'ils ne reçoivent que des eaux débarrassées de matières en suspension ou au moins préalablement épurées. »

7° Appareil sanito-bactérien de Lucas

Construit en un ciment spécial, cet appareil est divisé en une série de trois compartiments dont la disposition est combinée, d'après l'auteur, de telle sorte que « les deux classes de microbes anaérobies et aérobies se trouvent chacune dans les conditions spéciales les plus favorables à leur acti-

vité aussi bien qu'à leur reproduction sans se gêner ou se nuire mutuellement ». Les deux premiers compartiments ne sont pas autre chose que deux fosses septiques communiquant l'une avec l'autre. Dans la première tombe le tuyau de chute, dans la seconde se trouve une série de chicanes percées de trous. Le troisième compartiment est formé d'une série d'étagères perforées sur lesquelles se trouvent des couches de scories et graviers : toute cette partie est très largement aérée. Cet appareil trop compliqué est peu utilisable. De curage difficile, puisqu'il est impossible d'effectuer toute opération sans démonter et vider tout l'appareil. Le défaut capital de ce système est que les intermittences sont insuffisamment espacées. Que plusieurs chasses aient lieu de suite, en effet, les matériaux, sans avoir subi l'oxydation nécessaire, seront immédiatement enovyés dans le troisième compartiment, ne seront nullement épurés et encrasseront de plus les filtres très vivement.

Nous venons de voir les appareils constitués par des fosses septiques, nous venons de voir les systèmes où l'on utilise les lits bactériens à coke et mâchefer, étudions maintenant quelques appareils à tourbe épuratrice.

1° Appareil Pagliani

Le système préconisé par le Professeur Pagliani, directeur de la santé publique du royaume d'Italie, consiste en une vidangeuse dont « le véritable organe séparateur est une tranchée profonde maçonnée remplie de tourbe dont il utilise le pouvoir purificateur et désodorisant. La plus grande partie des matières organiques solides et même dissoutes est retenue par la tourbe qui est transformée en un engrais complètement inodore et remplacée au bout de quelques mois par de la tourbe neuve ». En résumé, il substitue au champ d'épuration un amas superficiel de matières filtrantes enfouies dans le sol et qu'on porte sur les champs quand elles sont saturées.

Cet appareil employé seulement au point de vue expérimental n'a pas été livré à la pratique courante et nous ne le citons là que comme mémoire.

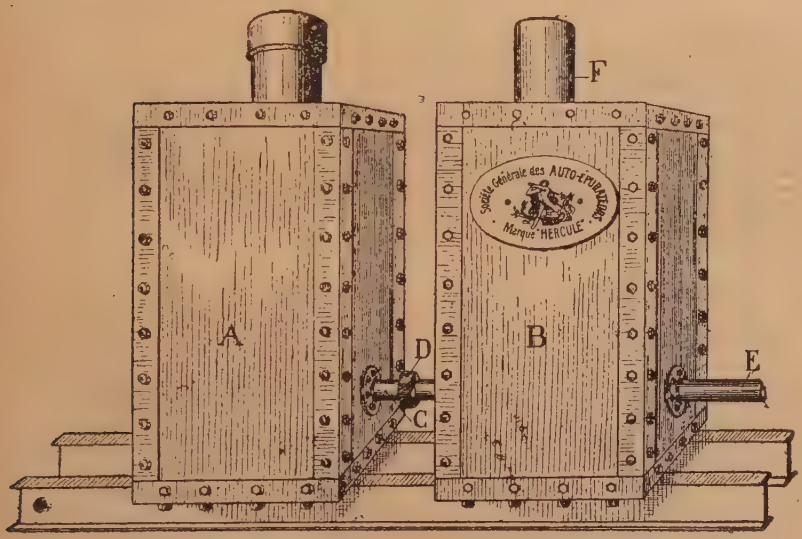
2° Auto-Epurateur « Hercule

Voici un second type d'appareil d'épuration par la tourbe.

L'Auto-Epurateur « Hercule », construit en tôle, se compose de deux bacs. Dans le premier (*A*) s'opère la solubilisation des matières fécales, dans le second (*B*) la nitrification.

Le premier bac est d'une étanchéité parfaite et ne laisse pénétrer ni air ni lumière,. La matière, sous l'influence des actions microbiennes anaérobies, y est liquéfiée.

Le second bac communique avec le premier par une tubulure inférieure (*C*) et avec l'atmosphère



Auto-Epurateur "Hercule"

par une cheminée d'aération (*F*) qui ne sert qu'à assurer par oxygénation les réactions utiles.

Le liquide qui sort (en *E*) du second bac est clair et inodore.

Voici les analyses que M. Janvier a bien voulu avoir l'amabilité de nous communiquer. L'une vient du Laboratoire municipal de Chimie, l'autre du Laboratoire de l'Institut National Agronomique.

Préfecture de police

LABORATOIRE MUNICIPAL DE CHIMIE

Analyse quantitative n° 4

Le Directeur du Laboratoire municipal certifie que l'échantillon déposé sous le n° 805 par la *Société Générale des Auto-Epurateurs « Hercule »* contient comme effluents.

	En milligrammes par litre
Extrait à 180°	3.090
Extrait au rouge sombre	2.650
Perte au rouge	440
Oxygène consommé par le permanganate en liqueur acide	63
Chlorures en Na Cl	819
Phosphates	présence
Azote total	259,1
Azote organique	19
Azote nitrique	240,1
Azote ammoniacal	traces
Azote nitreux	traces
Bactéries en 1 cmc.	1.150.000

Absence de colibacilles dans 10 cmc.

Paris, le 5 janvier 1909.

Pour le Directeur du Laboratoire Municipal,
Le sous-chef,
Sanglé-Poirier.

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE

INSTITUT NATIONAL AGRONOMIQUE

Paris, 16, rue Claude-Bernard.
Le 24 décembre 1908.

Analyse d'un échantillon d'eau remis le 16 décembre 1908, par M. Janvier, ingénieur.

	Par litre en grammes	
Matières fixes totales	3 gr. 233	
Matières minérales	1 5r. 370	
Chlore (en Cl)	0 gr. 475	(chlorure de sodium 0 gr. 781)
Azote ammoniacal (en Az) .	0 gr. 0037	
Azote nitrique (en Az) . . .	0 gr. 277	(nitrate de potasse 1 gr. 992)
Matières organiques, exprimées en oxygène nécessaire pour les brûler	0 gr. 025	

L'analyse de l'Institut National Agronomique est complétée par la lettre suivante signée par le directeur et le chef des travaux qui ont dirigé les analyses :

« Vous trouverez ci-contre les résultats de l'ana-
« lyse de l'échantillon d'eau que vous nous avez
« remis.

« Ces résultats indiquent que cette eau ne con-
« tenant plus que des traces d'ammoniaque, très
« peu de matières organiques, et, au contraire,

« une proportion élevée de nitrates, peut être
« considérée comme pratiquement bien épurée.

« Agréez, etc...

A. Ch. Girard.
Coudon.

De l'examen de ces analyses, il résulte que, dans leur ensemble, les résultats sont très concordants.

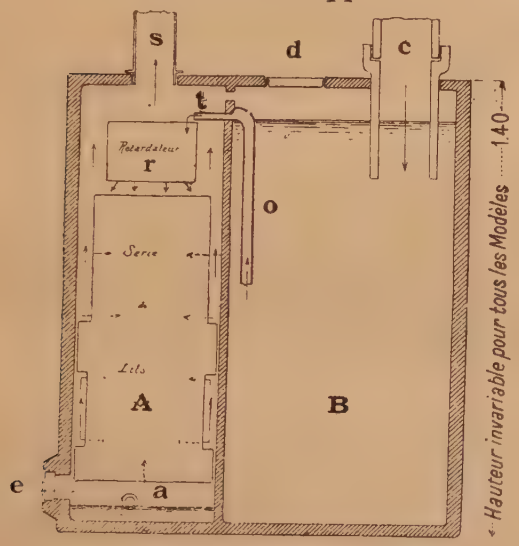
Le dosage des matières minérales et du chlorure de sodium prouve que la matière était primitivement très impure. L'absence presque totale de l'azote ammoniacal démontre que l'épuration est très intense. La transformation de cet azote en nitrates ainsi que la très faible teneur en matières organiques oxydables garantit que le but proposé est bien atteint. Ces analyses nous permettent enfin d'affirmer que l'effluent est imputrescible. Il ne dégage d'ailleurs aucune odeur et peut-être utilisé pour arroser un jardin.

3° Le transformateur complet de MM. Barbas et Balas.

Cet appareil est construit en ciment armé au lieu d'être en tôle. Il se compose de deux compartiments : le compartiment septique *B* dans lequel arrive le tuyau de chute *C* et le compartiment *A*, dit *Epurateur*, renfermant une série de lits d'épuration, contenus dans des paniers métalliques revêtus d'un enduit inoxydable, et un appareil retardateur *R*,

destiné à régulariser l'épandage du liquide provenant du compartiment septique. A la partie inférieure se trouvent la sortie d'effluent *a* et une tubulure d'entrée d'air *e*. Sur le couvercle du compartiment épurateur se trouve la sortie d'air ou ventilation *S*.

Coupe de l'Appareil



A la mise en service, le compartiment *B* est rempli d'eau jusqu'au niveau du tuyau *t* ; les couvercles sont posés en lutant le joint avec du mastic de vitrier, le tuyau *c* est raccordé avec la chute desservant les closets ; le tuyau *S* est prolongé en 0,12 de diamètre jusqu'au sommet de l'habitation pour

assurer une ventilation énergique. Les matières provenant des closets pénètrent par le tuyau *C* dans le compartiment *B* où, par le travail des microbes anaérobies, elles se diluent ; au moment de cet afflux un volume égal de liquide septisé s'écoule par le tuyau *t* dans le retardateur *r*, qui l'épand à intervalles réguliers sur les lits d'oxydation où se fait le travail des microbes aérobies, en présence de l'air fréquemment renouvelé. Le liquide *désodorisé, épuré et nitrifié*, s'écoule à l'extérieur par le tuyau *a*. Cet effluent peut être évacué dans une canalisation, dans un puisard, dans une pièce d'eau, voire dans le ruisseau ; il peut même être recueilli dans un bac et répandu dans un jardin potager, car il est exempt de toute odeur.

Nous devons ajouter que cet appareil n'est pas exclusivement un épurateur à tourbe. M. Barbas, en effet, construit ces lits bactériens avec un mélange complexe où rentre du carbonate de chaux et du charbon. Il pense avec le premier activer l'action de la tourbe, nous savons ce qu'il faut penser de ce mélange après les expériences rapportées plus haut. Quant au second, c'est comme décolorant qu'il l'emploie.

Conclusions

1° Il est nécessaire, par un moyen quelconque, d'éliminer les déchets de la vie humaine.

2° Eliminer ces détritus n'est pas chose suffisante, il faut, autant que possible, les détruire et les transformer — les épurer en un mot.

3° De tous les systèmes que nous avons cherché à étudier, *aucun ne donne de résultats absolument parfaits*, mais, par contre, la plupart et certains tout particulièrement facilitent l'épuration finale à des degrés plus ou moins élevés.

4° L'épandage semble l'épuration la plus efficace, mais c'est une opération peu pratique, difficile à réaliser et dont toutes les conditions nécessaires à son bon fonctionnement ne peuvent être que très à rarement réunies.

5° Le système des fosses septiques, plus pratique, est d'autre part beaucoup moins parfait et n'agit, somme toute, que comme bassin de sédimentation et comme dilueur — il pourrait être avantageuse-

ment la première phase d'une opération dont l'épandage serait la phase finale; aussi, avec M. Bonjean, doit-on adopter les conclusions suivantes :

« *a*) Le déversement des effluents des fosses septiques dans des puisards ou dans des égouts ou conduites allant dans les cours d'eau, doit être interdit :

« *b*) Les fosses septiques seront tolérées à la condition que les liquides provenant de ces fosses soient conduits par des tuyaux étanches sur des terrains d'épandage ou sur des lits bactériens d'oxydation acceptés par l'administration et placés sous sa surveillance. »

6° Les lits bactériens épurent mieux que les fosses septiques mais l'opération est souvent inégale et incomplète, et, de plus, ils s'encrassent facilement.

7° La tourbe employée comme lit bactérien est un désodorisant parfait et a l'avantage de pouvoir servir plus tard comme engrais ; quand elle est bien choisie et bien perméable elle se prête très bien à la filtration intermittente.

Nous pouvons comme conclusion finale terminer par la phrase de M. Ed. Bonjean prise dans son rapport au Conseil supérieur d'Hygiène publique de France du 4 novembre 1907.

« *Quoi qu'il en soit, les fosses septiques, les épurateurs, complétés ou non par des systèmes efficaces d'oxydation immédiate, peuvent rendre de signalés services* dans les campagnes et dans certaines agglo-

mérations, elles constituent des fosses étanches et permettent d'évacuer facilement sur les terres ou le sol des jardins — loin des habitations, — au moyen de petites canalisations, un effluent liquide préparé pour l'épuration finale rapide par le sol. *C'est éviter ainsi le transport et le contact répugnant et insalubre des matières fécales ;* c'est empêcher la contamination fécaloïde constante et directe du sous-sol des maisons ; c'est préserver le puits presque toujours situé près de l'habitation et mal protégé des infiltrations alvines fraîches ; — c'est en résumé contribuer aux progrès de l'hygiène et à la protection de la santé publique.

Vu : le Doyen, LANDOUZY.

Vu : le Président de Thèse, THOINOT.

Vu et permis d'imprimer,
Le Vice-Recteur,
LIARD.

Bibliographie

E. Arnauld. — Epuration biologique des eaux d'égout, *Revue d'Hygiène et de Police sanitaire*, 20 mars 1910.

— Epuration biologique des eaux d'égout. *Revue d'Hygiène*, 1907, p. 108.

F. Baucher. — Epuration biologique intensive des eaux résiduaires, Paris 1907.

P. Bardou. — Etude biochimique de quelques bactériacées thermophiles et de leur rôle dans la désintégration des matières organiques des eaux d'égout, Lille 1906.

Bechmann. — *Revues d'Hygiène*, 1898-1901-1906.

Bertillon. — Etat sanitaire des localités irriguées à l'eau d'égout. *Revue d'Hygiène*, 1889.

Bezault. — Epuration biologique intensive. *Revue d'Hygiène générale et appliq.*, 1908.

— Epuration biologique intensive. Congrès international d'Hygiène. Berlin, 1907. Septembre.

— Du rôle de la fosse septique dans l'épuration biologique. Congrès de Clermont-Ferrand, 1908.

BEZAULT. — L'assainissement des Villes. Cas du Caire. Institut égyptien, 1907.

— L'Epuration des Matières de Vidanges. Société centrale des Architectes Français, 28 mai 1907.

— L'Epuration des eaux d'égout par le procédé biologique intensif. *Mémoires de la Société des Ingénieurs civils de France.* Décembre 1907.

BONJEAN. — Epuration biologique intensive des Eaux résiduaires. *Revue pratique d'Hygiène municipale.* Paris, 1906, II, 401-405.

— Rapport sur les fosses septiques, 4 nov. 1907.

— Rapport sur l'épuration biologique, 1909.

BOURNEVILLE. — Rapport à la Chambre des Députés, 1885.

— Article du *Progrès médical,* Paris 1905, p. 574-76.

BROUARDEL et THOINOT. — La fièvre typhoïde.

DE BUCK et DUPERREUX. — *Annales de la Société Médicale de Gand,* 1898, pp. 218-37.

CALMETTE. — Recherches sur l'épuration biologique des Eaux d'égout. 4 vol, et un supplément.

— *Revue d'Hygiène et de Police sanitaire,* 1900-1902-05-06, p. 471, 1907, p. 496, 1908.

— *Revue pratique d'Hygiène municipale,* Paris 1908, pp. 98 à 110. 1905 juillet, 1907 mars.

CALMETTE et ROLANTS. — Rôle de la Fosse septique dans l'Epuration biologique des Eaux d'égout. *Revue d'Hygiène,* Paris 1908, p. 633.

CHANTEMESSE. — Epuration biologique des Eaux d'égout. *Revue d'Hygiène*, 1906.

CHANTEMESSE et WIDAL. — Recherches sur le bacille typhique. *Archives de Physiologie*, 1887.

COMITÉ CONSULTATIF d'Hygiène publique de France. Vol. 32, pp. 97 et 437, 1904.

CONSEIL SUPÉRIEUR d'Hygiène publique de France, 1909.

CONSEIL D'HYGIÈNE de la Seine, 1883.

CORNIL. — Rapport au Sénat, 1888.

DEROME. — Epuration biologique des Eaux d'égout. Paris 1906, pp. 298-301.

DIDIER. — Traité sur les Eaux d'égout, 1908.

DIBDIN. — Traitement des Eaux résiduaires.

DUCLAUX. — Action de l'eau sur les bactéries pathogènes. *Annales de l'Institut Pasteur*, 1890.

— Filtrage des Eaux de fleuve. *Annales de l'Institut Pasteur*, 1891.

DURAND-CLAYE. — Mémoires sur l'assainissement de Berlin. Extrait des *Annales des Ponts et Chaussées*, 1886.

— Mesures à prendre pour remédier à l'infection de la Seine aux abords de Paris. Rapport au Ministère des Travaux publics.

DURAND-CLAYE et SCHLŒSING. — Rapport sur l'altération des cours d'eau.

DUNBAR. — Purification des Eaux d'égout. *Revue d'Hygiène*, 1906.

— Appréciation de l'efficacité des installations d'épuration des Eaux d'égout, *Revue d'Hygiène*, 1906.

DUNBAR. — Epuration des Eaux résiduaires, 1904.

DZERGOWSKI. — *Archives des Sciences biologiques*, n° 1, Saint-Pétersbourg, 1907.

FLEURY. — 1892, *Revue des Deux-Mondes.*

FILASSIER. — De la détermination des pouvoirs publics en matière d'hygiène.

GASSER (J.). — L'Epuration. *Revue Médicale et Pharmacol. de l'Afrique du Nord*, 1898.

GAZETTE DES EAUX. — 1902, p. 233. Etudes sur l'Epandage.

GÉRARD et BLAREZ. — Fosses automatiques de la ville de Bordeaux. *Génie sanitaire* n° 11, 1893.

GIRARD et BORDAS. — La Seine de Corbeil à Rouen. *Annales d'Hygiène*, 1893.

GUERBET. — Epuration biologique des liquides de vidange. *Normandie médicale*, pp. 361-365, Rouen 1905.

HAMÉON. — Thèse de Lyon, 1901-1902.

HAYEM (Revue d'). — Champs d'épandage de Berlin, 1893, p. 126.

— Etudes sur les Eaux d'égout. Vol. 38, 1891, p. 122.

IMBEAUX. — L'Assainissement des Villes.

LANGLOIS. — Hygiène publique et privée.

LAUNAY. — Les Eaux d'Egout, par Thudicum, traduit par Launay, 1899-1901.

— Rapport de Mission, 1901.

— Congrès international d'Hygiène, 1900.

LAUNAY. — Congrès d'Hygiène de Bruxelles, 1903.

— Epuration agricole des Eaux d'égout. *Revue d'Hygiène*, 1900.

DE LAVARENNE. — La question de l'Epandage. *Presse Médicale*. Paris 1904.

LAVERAN. — Conseil d'Hygiène publique et de salubrité du département de la Seine, 1903.

LEMOINE. — Evacuation et traitement des matières usées. Revue générale de Clinique et de Thérapeutique. *Journal des Praticiens*. Paris 1907, pp. 785-789.

LETULLE. — *Presse Médicale*, 1904.

LOMBARD. — L'Art de l'Assainissement, 1898.

LUTZ. — Epuration domestique des Eaux. *Bulletin de la Société de Pharmacologie*, 1908.

MACÉ et IMBEAUX. — *Annales d'Hygiène*, 1899.

MIQUEL. — Annuaire de l'Observatoire de Montsouris.

MILLE. — L'Assainissement des villes.

MOIGNO (abbé). — *Cosmos*. Les Mondes. Décembre 1881. Janvier 1882.

MONJARAS. — *Gazette médicale de Mexico*, p. 403-412. 1908.

MUNTZ ET LAISNÉ. — La nitrification intensive, 1907.

— Communication à l'Académie des Sciences, 5 juin 1906.

— Communication à l'Académie des Sciences, 1909.

OMELIANSKY. — Sur la nitrification de l'azote organique. *Archives des Sciences biologiques*, Saint-Pétersbourg 1899.

PAGLIANI. — Applicazione di una vaschetta a chiusura idraulica sul tipo delle fosse Mouras et di unfittro a torba per te acque curide nel sistema di foguatura separata tubolare. *Rivista d'Igiène et sanitá publica*, n° 19, oct. 1891, p. 705.

PUECH. — L'épuration biologique. *Revue d'Hygiène*, 1906.

PUTZEYS. — Note sur l'épuration biologique du sewage en Angleterre. Technologie sanitaire. Louvain, 1898.

RAMSAY. — *Revue générale de Chimie*, 1900.

RIDEAL. — Sewage and sewage purification.

ROLANTS. — Epuration des eaux d'égout. *Revue scientifique de Paris*, pp. 104-111, 1908.

ROUCHY. — Essai d'épuration d'eau d'égout par la méthode bactérienne. *Journal de Pharmacie et de Chimie*, mai 1901.

— Thèse de Paris, 1907. Les eaux d'égout de Paris.

— *Revue d'Hygiène générale et appliquée*, pp. 265-281, 1908.

SCHLŒSING et MUNTZ. — Recherches sur la nitrification.

THOINOT. — Hygiène à l'usage des écoles primaires supérieures et des écoles professionnelles.

VALLIN. — Rapport au Conseil d'hygiène de la Seine, 1883.

— Les vidangeuses automatiques. *Revue d'Hygiène et de Police sanitaire*. Avril 1892, p. 328 et suiv.

— *Revue d'Hygiène*, 1896. p. 91.

VINCEY. — Les fosses septiques. *Hygiène générale et appliquée*, pp. 145-154, 1908.

VINCEY. — Le « Septic tank system ». *Bulletin de la Revue d'Hygiène municipale*, p. 63, 1908.

— La lutte contre la tuberculose bovine dans les champs d'épandage. *Revue d'Hygiène et de Police sanitaire*, 3 mai 1907, p. 112.

WAWRINSKI. — Sur l'humus de tourbe comme moyen de désodorisation et de désinfection. *Revue d'Hygiène* 1891, p. 1083.

WINOGRADSKY. — Recherches sur les organismes de la nitrification. Annales de l'Institut Pasteur, 1890.

— Morphologie des organismes de la nitrification. *Archives des Sciences biolog.* Saint-Pétersbourg, 1891.

WINOGRASDKY et OMELIANSKY. — L'influence des substances organiques sur le travail des microbes nitrificateurs. *Archives des Sciences biologiques.* Saint-Pétersbourg, 1899.

WURTZ et BOURGES. — Comité consultatif d'Hygiène. Rapport, 1901. *Archives de Médecine expérimentale*, p. 578, 1901.

Imprimerie spéciale H. CHACORNAC, éditeur. Paris.

DU. 6